

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:  
Naoki MINATO et al.

Appl. No. 10/673,441

Filed: September 30, 2003

For: OPTICAL TRANSMITTER,  
OPTICAL RECEIVER AND  
OPTICAL TRANSMISSION  
SYSTEM USING SAME



Art Unit: Not Yet Assigned

Examiner: Not Yet Assigned

Atty. Docket No. 32014-193441

Customer No.



26694

PATENT TRADEMARK OFFICE

**Submission of Certified Copy of Priority Document**

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of Application No. 2002-285351 filed on September 30, 2002 in Japan, the priority of which is claimed in the present application under the provisions of 35 U.S.C. 119.

Respectfully submitted,

Date: December 3, 2003

Michael A. Sartori, Ph.D.

Registration No. 41,289

VENABLE LLP

P.O. Box 34385

Washington, D.C. 20043-9998

Telephone: (202) 344-4800

Telefax: (202) 344-8300

::ODMA\PCDOCS\DC2DOCS1\500597\1\MAS/svt

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年    9 月 3 0 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 2 8 5 3 5 1  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 2 8 5 3 5 1 ]

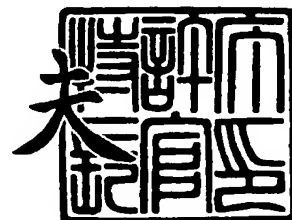
出      願      人                      沖電気工業株式会社  
Applicant(s):

3201N-193441  
10/673,441  
Naoki MINATO et al.

2 0 0 3 年    9 月 1 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 KN002535

【提出日】 平成14年 9月30日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H04J 13/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社  
社内

【氏名】 湊 直樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社  
社内

【氏名】 沓澤 聡子

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社  
社内

【氏名】 大柴 小枝子

【特許出願人】

【識別番号】 000000295

【氏名又は名称】 沖電気工業株式会社

【代表者】 篠塚 勝正

【代理人】

【識別番号】 100090620

【弁理士】

【氏名又は名称】 工藤 宣幸

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013664

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006358

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光送信装置、光受信装置及び光伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電気送信データに応じた多波長パルスを、自己の符号パターンに従って、時間拡散／波長ホッピング方式による符号化を行う符号化部を有する光送信装置において、

上記符号化部が、符号化での各波長成分毎の時間遅延と、対向する光受信装置との伝送路の波長分散性によって生じる各波長成分毎の伝搬遅延の差を予め  $\alpha$  ( $0 < \alpha \leq 100$ ) % だけ補償するプリチャープ処理の時間遅延とを同時に行うものであることを特徴とする光送信装置。

【請求項 2】 上記符号化部は、各波長成分毎の時間遅延を行う光学素子として、複数の異なる回折格子をファイバの長手方向に形成したチャープドファイバブラッグ回折格子を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光送信装置。

【請求項 3】 上記符号化部が、各波長成分毎の時間遅延量を可変できるものであることを特徴とすることを特徴とする請求項 1 に記載の光送信装置。

【請求項 4】 上記符号化部が、サーキュレータ、波長合分波器、及び、波長数に等しい数の可動式ミラーを有し、入力端子からの入力光を上記サーキュレータが上記波長合分波器に与えて各波長成分に分波して、各波長成分毎の上記可動式ミラーで反射させ、各波長成分毎の上記可動式ミラーからの反射光を上記波長合分波器が合波し、合波光を上記サーキュレータを介して出力端子に出力して、各波長成分毎の時間遅延を行うことを特徴とする請求項 3 に記載の光送信装置。

【請求項 5】 上記符号化部が、波長分波器、可動式ミラーを含めた複数枚のミラー、及び、波長合波器を有し、入力端子からの入力光を上記波長分波器が各波長成分に分波し、各波長成分毎の光信号が、自成分に係る複数枚のミラーとなる光路を進行して上記波長合波器に到達し、上記波長合分波器が到達した各波長成分毎の光信号を合波して出力端子に出力して、各波長成分毎の時間遅延を行うことを特徴とする請求項 3 に記載の光送信装置。

【請求項 6】 時間拡散／波長ホッピング方式によって符号化されている光信号が入力され、その光信号を、自己の復号パターンに従って復号する復号部を有する光受信装置において、

上記復号部が、復号での各波長成分毎の時間遅延と、対向する光送信装置との伝送路の波長分散性によって生じる各波長成分毎の伝搬遅延の差を  $\beta$  ( $0 < \beta \leq 100$ ) % だけ補償する分散補償処理の時間遅延とを同時に行うものであることを特徴とする光受信装置。

【請求項 7】 上記復号部は、各波長成分毎の時間遅延を行う光学素子として、複数個の異なる回折格子をファイバの長手方向に形成したチャープドファイバブラッグ回折格子を有することを特徴とする請求項 6 に記載の光受信装置。

【請求項 8】 上記復号部が、各波長成分毎の時間遅延量を可変できるものであることを特徴とする請求項 6 に記載の光受信装置。

【請求項 9】 上記復号部が、サーキュレータ、波長合分波器、及び、波長数に等しい数の可動式ミラーを有し、入力端子からの入力光を上記サーキュレータが上記波長合分波器に与えて各波長成分に分波して、各波長成分毎の上記可動式ミラーで反射させ、各波長成分毎の上記可動式ミラーからの反射光を上記波長合分波器が合波し、合波光を上記サーキュレータを介して出力端子に出力して、各波長成分毎の時間遅延を行うことを特徴とする請求項 8 に記載の光受信装置。

【請求項 10】 上記復号部が、波長分波器、可動式ミラーを含めた複数枚のミラー、及び、波長合波器を有し、入力端子からの入力光を上記波長分波器が各波長成分に分波し、各波長成分毎の光信号が、自成分に係る複数枚のミラーとなる光路を進行して上記波長合波器に到達し、上記波長合分波器が到達した各波長成分毎の光信号を合波して出力端子に出力して、各波長成分毎の時間遅延を行うことを特徴とする請求項 8 に記載の光受信装置。

【請求項 11】 電気送信データに応じた多波長パルスを、自己の符号パターンに従って、時間拡散／波長ホッピング方式による符号化を行う符号化部を有する光送信装置と、この光送信装置が送信した、時間拡散／波長ホッピング方式によって符号化されている光信号を、自己の復号パターンに従って復号する復号部を有する光受信装置とが、伝送路を挟んで対向している光伝送システムにおい

て、

上記光送信装置として、請求項 1～5 のいずれかに記載のものを適用したことを特徴とする光伝送システム。

【請求項 12】 電気送信データに応じた多波長パルスを、自己の符号パターンに従って、時間拡散／波長ホッピング方式による符号化を行う符号化部を有する光送信装置と、この光送信装置が送信した、時間拡散／波長ホッピング方式によって符号化されている光信号を、自己の復号パターンに従って復号する復号部を有する光受信装置とが、伝送路を挟んで対向している光伝送システムにおいて、

上記光受信装置として、請求項 6～10 のいずれかに記載のものを適用したことを特徴とする光伝送システム。

【請求項 13】 電気送信データに応じた多波長パルスを、自己の符号パターンに従って、時間拡散／波長ホッピング方式による符号化を行う符号化部を有する光送信装置と、この光送信装置が送信した、時間拡散／波長ホッピング方式によって符号化されている光信号を、自己の復号パターンに従って復号する復号部を有する光受信装置とが、伝送路を挟んで対向している光伝送システムにおいて、

上記光送信装置として、請求項 1～5 のいずれかに記載のものを適用すると共に、上記光受信装置として、請求項 6～10 のいずれかに記載のものを適用し、上記光送信装置でのプリチャープ処理に係る  $\alpha$  % と、上記光受信装置での分散補償処理に係る  $\beta$  % との和が 100 % であることを特徴とする光伝送システム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、光送信装置、光受信装置及び光伝送システムに関し、例えば、光符号分割多重 (Optical Code Division Multiplexing; 以下、OCDM 呼ぶ) 符号化装置、OCDM 復号装置及び OCDM 伝送システムに適用し得るものである。

##### 【0002】

**【従来の技術】**

近年、光メトロアクセスネットワークの高速、大容量化に適した多重方式としてOCDM方式が注目されている。OCDM方式は、送受信装置において、直交する符号系列を用いて各チャネルを符号化／復号することにより多重を実現する方式である。以下に示すように、符号化／復号の実現方法としては、実現の容易性と製造コスト面で有利ないわゆるチャープドファイバブラッグ回折格子（Fiber Bragg Grating；以下、FBGと呼ぶ）を用いた時間拡散／波長ホッピングによる方法がある。チャープドファイバブラッグ回折格子は、複数個の異なる回折格子をファイバの長手方向に形成したものである。

**【0003】**

まず、特許文献1に記載されている時間拡散／波長ホッピングによる符号化及び復号の過程を図2を用いて説明する。なお、図2は、一例としてデータ周期 $T_b$ と符号周期 $T_c$ とが等しい場合を示しているが、データ周期 $T_b$ と符号周期 $T_c$ とが異なる場合においても符号化／復号は可能である（非特許文献1参照）。

**【0004】**

送信側においては、図2（a1）に示すように、光信号でなる送信データ101が符号化器103に入力される。光信号でなる送信データ101（102）は、所定数でなる波長数 $N_1$ （図2では3個）の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ を、電気信号でなる送信データに従い、Return-to-zero（RZ）フォーマットで強度変調したものであり、図2（a2）に示すように、データ周期 $T_b$ 毎のタイムスロット（チップ）に有効なデータが生じるものである。送信データ101に含まれる各波長成分をそれぞれ、符号化器103において、特定の符号パターン（Code1）に従う特定の時間だけ遅延され（符号化され）、図2（a3）に示すように、時間軸上において波形が拡散された光信号105となる。

**【0005】**

以上のようにして、波長成分に応じた遅延時間で時間拡散されて得られた光信号105は、伝送路104を介して復号器106に到達する。

**【0006】**

復号器106においては、入力された光信号105における各波長成分が、特



定の符号パターン (Code 1) に従う特定の時間だけ遅延され (復号され)、図 2 (a 4) に示すように、時間軸上において逆拡散され (各波長成分の遅延時間差が相殺され)、同一チップ期間に各波長成分が重畳された、当初の送信データ 101 と同じ受信データ 107 (108) が得られる。

#### 【0007】

なお、図 2 (b 1) ~ 図 2 (b 4) には、符号化器 103 と復号器 106 での符号パターンが異なる場合を示している。

#### 【0008】

従って、光信号でなる受信データ 107 (108) を例えば光電変換した後に、閾値と比較することにより、送受の符号パターンが同一の場合には元の情報系列 (電気信号でなる送信データ) が取り出され、送受の符号パターンが異なる場合には元の情報系列が取り出せないことになる。

#### 【0009】

また、時間拡散/波長ホッピングされた各チャネルの光信号 (105) を合波器で多重して伝送路に送出した場合でも、符号パターンの直交性が保たれていれば、分岐器を介して、あるチャネルの復号器 106 に、多重光信号が与えられても、自己の符号パターンと合致する所望の受信データ (所望の情報系列) だけを取り出すことができる。

#### 【0010】

##### 【特許文献 1】

特開 2000-209186 号公報

#### 【0011】

##### 【非特許文献 1】

X. Wang 及び K. T. Chan 著、「Enhancement of transmission data rates incoherent FO-CDMA systems」、OECC 2000、14A2-5、p. 458 (2000)

#### 【0012】

##### 【発明が解決しようとする課題】

時間拡散／波長ホッピング方式では、上述した原理説明から分かるように、複数の波長をもつ光信号 105 を伝送する必要がある。

#### 【0013】

しかし、伝送路である光ファイバには波長分散性があるため、復号器 106 には、各波長成分間で異なる伝搬時間差を生じて光信号が到達する。そのため、復号が正しく実行されないことも生じる。また、複数チャネルを多重伝送する送受信システムの場合には、光ファイバの波長分散性のため、符号パターン間の直交性がくずれ、他チャネルが悪影響を与える恐れがある。

#### 【0014】

かかる不都合を解決するため、波長分散による各波長成分の伝搬時間差は別途補償する必要がある。波長分散補償の方法として、既に、種々の光伝送システムで、分散補償ファイバや位相共役器を伝送路に挿入する方法等が適用されている。しかし、いずれの場合にしても、部品点数が増え、OCDM 符号化装置（送信装置）及び又は OCDM 復号装置（受信装置）の規模が大きくなると共に、装置が高価になるという課題を生じる。

#### 【0015】

そのため、伝送路の波長分散の相殺構成を有しても、システム要素を小規模かつ安価にできる光送信装置、光受信装置、光伝送システムが望まれている。

#### 【0016】

##### 【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するため、第 1 の本発明は、電気送信データに応じた多波長パルスを、自己の符号パターンに従って、時間拡散／波長ホッピング方式による符号化を行う符号化部を有する光送信装置において、上記符号化部が、符号化での各波長成分毎の時間遅延と、対向する光受信装置との伝送路の波長分散性によって生じる各波長成分毎の伝搬遅延の差を予め  $\alpha$  ( $0 < \alpha \leq 100$ ) % だけ補償するプリチャープ処理の時間遅延とを同時に行うものであることを特徴とする。

#### 【0017】

第 2 の本発明は、時間拡散／波長ホッピング方式によって符号化されている光信号が入力され、その光信号を、自己の復号パターンに従って復号する復号部を

有する光受信装置において、上記復号部が、復号での各波長成分毎の時間遅延と、対向する光送信装置との伝送路の波長分散性によって生じる各波長成分毎の伝搬遅延の差を  $\beta$  ( $0 < \beta \leq 100$ ) % だけ補償する分散補償処理の時間遅延とを同時に行うものであることを特徴とする。

#### 【0018】

第3～第5の本発明は、電気送信データに応じた多波長パルスを、自己の符号パターンに従って、時間拡散／波長ホッピング方式による符号化を行う符号化部を有する光送信装置と、この光送信装置が送信した、時間拡散／波長ホッピング方式によって符号化されている光信号を、自己の復号パターンに従って復号する復号部を有する光受信装置とが、伝送路を挟んで対向している光伝送システムに関する。

#### 【0019】

そして、第3の本発明は、光送信装置として、第1の本発明のものを適用したことを特徴とする。

#### 【0020】

第4の本発明は、光受信装置として、第2の本発明のものを適用したことを特徴とする。

#### 【0021】

第5の本発明は、光送信装置として、第1の本発明のものを適用すると共に、光受信装置として、第2の本発明のものを適用し、上記光送信装置でのプリチャープ処理に係る  $\alpha$  % と、上記光受信装置での分散補償処理に係る  $\beta$  % との和が 100 % であることを特徴とする。

#### 【0022】

##### 【発明の実施の形態】

##### (A) 第1の実施形態

以下、本発明による光送信装置、光受信装置及び光伝送システムを、OCDM符号化装置、OCDM復号装置及びOCDM伝送システムに適用した第1の実施形態を図面を参照しながら説明する。

#### 【0023】

図1は、第1の実施形態のOCDM伝送システムの全体構成を示すブロック図である。

#### 【0024】

図1において、第1の実施形態のOCDM多重伝送システム1は、2チャンネルの多重伝送を行うものであり、チャンネル1送信装置（OCDM符号化装置）2-1及びチャンネル2送信装置（OCDM符号化装置）2-2を有すると共に、チャンネル1受信装置（OCDM復号装置）3-1及びチャンネル2受信装置（OCDM復号装置）3-2を有する。

#### 【0025】

また、OCDM多重伝送システム1は、チャンネル1送信装置2-1及びチャンネル2送信装置2-2から出力された光信号（時間拡散／波長ホッピングされた光信号）を合波する合波器4、合波器4の出力光信号（多重光信号）を伝送する伝送路5、及び、伝送路5から到達した多重光信号を2分岐してチャンネル1受信装置3-1及びチャンネル2受信装置3-2に分配する分岐器6を有する。

#### 【0026】

ここで、伝送路5は、波長分散性を有する光ファイバでなっている。なお、光増幅器などが途中に介在している場合には、それも含めて伝送路5と表現している。

#### 【0027】

各送信装置2-1、2-2はそれぞれ、多波長パルス光源10-1、10-2、変調器11-1、11-2及びプリチャープ／符号化器12-1、12-2を有する。

#### 【0028】

各多波長パルス光源10-1、10-2はそれぞれ、波長数 $N1$ の波長成分 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、…、 $\lambda_{N1}$ を有する多波長パルスを出射して変調器11-1、11-2に与えるものである。ここで、多波長パルスのパルス幅はチップ時間に応じており、多波長パルスのパルス間隔はデータ周期 $T_b$ に応じている。

#### 【0029】

各変調器11-1、11-2はそれぞれ、電気信号でなる送信データに応じて

、多波長パルス光源 10-1、10-2 からの多波長パルスを強度変調してプリチャープ／符号化器 12-1、12-2 に与えるものである。

#### 【0030】

各プリチャープ／符号化器 12-1、12-2 はそれぞれ、変調器 11-1、11-2 からの出力光信号における各波長成分に対し、異なる遅延時間を付与するものである。ここで、各波長成分に付与する遅延時間は、そのチャネルの符号パターンに応じて定まる時間と、伝送路 5 の波長分散を考慮したプリチャープでの時間との和となっている。各プリチャープ／符号化器 12-1、12-2 は、符号化（時間拡散／波長ホッピング）の時間遅延とプリチャープの時間遅延とを順次行うものでなく、これらの時間遅延を融合して（同時に）行う光学部材である。

#### 【0031】

ここで、チャネル 1 のプリチャープ／符号化器 12-1 による符号化のパターンと、チャネル 2 のプリチャープ／符号化器 12-2 による符号化のパターンとは異なっている（直交している）。

#### 【0032】

なお、伝送路 5 の波長分散による各波長成分毎の伝搬時間の相違は、プリチャープ／符号化器 12-1、12-2 によるプリチャープ機能と、後述する分散補償／復号器 20-1、20-2 による分散補償機能とで解消するようにしている。プリチャープ機能による解消比率と、分散補償機能による解消比率との組合せは、任意であっても良く、例えば、50%対50%を適用できる。

#### 【0033】

各チャネルのプリチャープ／符号化器 12-1、12-2 から出力された光信号は、合波器 4 で合波（多重）され、伝送路 5 を通過して分岐器 6 に与えられ、分岐器 6 で 2 分岐され、各チャネルの受信装置 3-1、3-2 に到達する。

#### 【0034】

各受信装置 3-1、3-2 はそれぞれ、分散補償／復号器 20-1、20-2 及び受光器 21-1、21-2 を有する。

#### 【0035】

各分散補償／復号器 20-1、20-2 はそれぞれ、入力光信号における各波長成分に対し、異なる遅延時間を付与するものである。ここで、各波長成分に付与する遅延時間は、そのチャネルの復号パターン（符号化パターン）に応じて定まる時間と、伝送路 5 の波長分散を考慮した分散補償の時間との和となっている。各分散補償／復号器 20-1、20-2 は、復号のための時間遅延と分散補償のための時間遅延とを順次行うものでなく、これらの時間遅延を融合して（同時に）行う光学部材である。

#### 【0036】

ここで、チャネル 1 の分散補償／復号器 20-1 の復号パターンは、チャネル 1 のプリチャープ／符号化器 12-1 による符号化パターンと対応しており、チャネル 2 の分散補償／復号器 20-2 の復号パターンは、チャネル 2 のプリチャープ／符号化器 12-2 による符号化パターンと対応している。

#### 【0037】

各受光器 21-1、21-2 はそれぞれ、分散補償／復号器 20-1 の光信号を電気信号（受信データ）に変換するものである。なお、図示は省略するが、得られた電気信号（受信データ）を閾値と比較して、最終的に、受信データを確定する。

#### 【0038】

次に、第 1 の実施形態の OCDM 伝送システム 1 の動作を、図 1 を用いて説明する。

#### 【0039】

チャネル 1 送信装置 2-1 においては、多波長パルス光源 10-1 から出射されたパルス光を電気信号でなる送信データに従い、変調器 11-1 によって強度変調する。変調器 11-1 の出力光信号に対し、プリチャープ／符号化器 12-1 によって符号化とプリチャープを行なう。チャネル 2 送信装置 2-2 においても、チャネル 1 とは異なる符号パターンを用いて、同様にデータ変調、符号化、プリチャープを行なう。

#### 【0040】

チャネル 1 送信装置 2-1 及びチャネル 2 送信装置 2-2 の両方から出力され

た光信号は合波器 311 により多重された後、伝送路 5 に送出される。伝送路 5 を通過した光信号は、分波器 6 により、チャンネル 1 受信装置 3-1 及びチャンネル 2 受信装置 3-2 に分配される。

#### 【0041】

チャンネル 1 受信装置 3-1 においては、分配された光信号をプリチャープ／符号化器 2-1 と同一の符号に係る復号パターンに従って、分散補償／復号器 20-1 によって復号し、同時に分散補償をする。受光器 21-1 において、入力光信号を電気信号に変換し、受信データを取り出す。チャンネル 2 受信装置 3-2 においても、チャンネル 2 送信装置 2-2 側で使用した符号と同一の符号に係る復号パターンに従う分散補償／復号器 20-2 を用いて同様に受信データを取り出す。

#### 【0042】

次に、プリチャープ／符号化器 12-1、12-2 及び分散補償／復号器 20-1、20-2 による波長成分毎の遅延時間の選定方法について説明する。なお、以下の説明で用いるシステムパラメータは、表 1 に記述したものとする。

#### 【0043】

【表 1】

項目	記号	備考
データ周期	$T_b$	データレート $=1/T_b$ [bit/s]
符号周期	$T_c$	
1 周期内のチップ数	$N_c$	
波長数	$N_l$	$N_l < N_c$
使用波長	$\lambda_i$ ( $i=1, \dots, N_l$ )	$\lambda_1 < \dots < \lambda_{N_l}$
$\lambda_i$ の時間拡散位置	$T_i$	$T_i = (m_i/N_c) * T_c$ , $m_i < N_c$ $m_i$ : 整数 $\forall i$
伝送距離	$Z$	
波長分散	$D$	

プリチャープ／符号化器において、与えられた符号パターンによる各波長  $\lambda_i$  の時間差を、(1) 式に示すように、最短波長  $\lambda_1$  からの相対時間差  $\Delta T_{ci}$  で

表す。

【0044】

$$\Delta T_{ci} = T_i - T_1 \quad (1)$$

分散補償／復号器 20-1、20-2 で送信側の符号パターンに対応する復号パターンで復号する場合、復号パターンにおける各波長  $\lambda_i$  の最短波長  $\lambda_1$  からの相対時間差は、(2) 式で表される。

【0045】

$$-\Delta T_{ci} \quad (2)$$

また、波長分散の定義より、伝送路 5 上の距離  $z$  だけ伝搬した後の波長成分間の時間差  $\Delta T_{ti}$  は、(3) 式で表すことができる。ここで、波長成分間の時間差は、最短波長  $\lambda_1$  成分からの相対時間差で示している。

【0046】

$$\Delta T_{ti} = D z (\lambda_i - \lambda_1) \quad (3)$$

これら (1) 式～(3) 式より、プリチャープ／符号化器 12-1、12-2 及び分散補償／復号器で 20-1、20-2 でそれぞれ、(4) 式、(5) 式で示される時間遅延を各波長成分に与えるようにすれば、分散補償することができる。

【0047】

$$\Delta T_{ci} = a \cdot \Delta T_{ti} \quad (4)$$

$$-\Delta T_{ci} = (1 - a) \cdot \Delta T_{ti} \quad (5)$$

ここで、 $0 \leq a \leq 1$  であり、 $a = 0$  の場合（後述する第 2 の実施形態）、波長分散の相殺を分散補償／復号器で 20-1、20-2 での分散補償のみで実現していることになり、 $a = 1$  の場合（後述する第 3 の実施形態）、プリチャープ／符号化器 12-1、12-2 でのプリチャープ機能のみで実現していることになる。

【0048】

図 3 は、プリチャープ／符号化器 12-1、12-2 や分散補償／復号器 20-1、20-2 に適用可能な光学部材、言い換えると、波長成分毎に異なる遅延時間を付与する波長別遅延光学部材の構成例を示している。



## 【0049】

波長別遅延光学部材30は、図3(a)に示すように、サーキュレータ31及びFBG32を有する。FBG32は、図3(b2)に、3波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の場合を例示するように、各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の周期に応じた屈折率変化部分をそれぞれ有し、図3(b1)に示すように、各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の成分をそれぞれ、その波長に係る屈折率変化部分で反射させるものである。すなわち、FBG32の入出力端から屈折率変化部分までの往復時間が、各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ で異なるようにさせることにより、波長成分毎に異なる遅延時間を付与できるものである。

## 【0050】

より具体的に説明する。FBG32とは、ファイバのコアの屈折率を長手方向に周期的に変化させ、回折格子を作成したものである。格子ピッチ $\Lambda_i$ と反射波長 $\lambda_i$ との関係は、FBG32の平均屈折率を $n$ とすると、(6)式で表される。従って、回折格子の格子ピッチを決めることにより、特定の波長の光のみを反射させることができる。

## 【0051】

$$\lambda_i = 2 \cdot n \cdot \Lambda_i \quad (6)$$

一つのファイバ上で異なる格子ピッチをもつ複数の回折格子をそれぞれ異なる位置に配置すると、格子ピッチに対応する複数の波長成分をもつ入射光が反射される。かつ、各波長成分は、反射位置が異なるために波長成分間で遅延が生じ、異なる時間差をもって反射される。

## 【0052】

従って、図3(a)のように、入力光をサーキュレータ31を介して、各波長の反射位置を符号パターンに従って配置されたFBG32に入力し、反射光をサーキュレータ31を介して出力することにより、時間拡散／波長ホッピング方式により符号化された出力光が得られる。

## 【0053】

同様に、FBG32の反射位置を復号パターンに従って配置することにより、時間拡散／波長ホッピング方式により復号することができる。

## 【0054】

上述した(4)式、(5)式に示す、各波長成分毎の時間遅延を、FBG32の回折格子位置で表すと、(7)式及び(8)式が得られる。なお、(7)式及び(8)式は、各波長成分について、最短波長 $\lambda_1$ 成分からの相対位置で表している。また、(7)式及び(8)における $c$ は光速である。

## 【0055】

$$(\Delta T_{ci} - a \cdot \Delta T_{ti}) \cdot c / 2 \cdot n \quad (7)$$

$$(-\Delta T_{ci} - (1-a) \cdot \Delta T_{ti}) \cdot c / 2 \cdot n \quad (8)$$

以下、システム仕様が表2であり、表1中のパラメータ $m_i$ が( $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5$ ) = (0, 15, 5, 20, 10)となる符号を実装するFBG32の具体例を説明する。ここでは、プリチャープによる波長分散の相殺比率と分散補償による波長分散の相殺比率とが等しい( $a = 1 - a = 0.5$ )とする。

## 【0056】

【表2】

項目	値	単位	備考
多重数	2		
データ周期	400	ps	データレート=2.5 Gbit/s
符号周期	400	ps	
使用符号系列	Prime-hop 系列		$N_c=25, N_t=5$
信号光中心波長	1552	nm	
隣接波長間隔	0.8	nm	
伝送距離	100	km	Single Mode Fiber (D=18ps/nm/km)
真空中の光速	$2.997925 \times 10^8$	m/s	
FBGの平均屈折率	1.48		

多波長信号光の波長は、( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5$ ) = (1550.4, 1551.2, 1552.0, 1552.8, 1553.6) [nm] である。よって、回折格子のピッチ $\Lambda_i$ は、(6)式より、( $\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_3, \Lambda_4, \Lambda_5$ ) = (4.589, 4.592, 4.594, 4.596, 4.599) [ $\mu$ m] となる。表1中のパラメータ $m_i$ は、( $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5$

) = (0, 15, 5, 20, 10) であるので、(1) 式の  $\Delta T_{ci}$  は、 $(\Delta T_{c1}, \Delta T_{c2}, \Delta T_{c3}, \Delta T_{c4}, \Delta T_{c5}) = (0, 240, 80, 320, 160)$  [ps] となる。使用波長から、(3) 式の  $\Delta T_{ti}$  は、 $(\Delta T_{t1}, \Delta T_{t2}, \Delta T_{t3}, \Delta T_{t4}, \Delta T_{t5}) = (0, 1445, 2890, 4336, 5781)$  [ps] となる。

#### 【0057】

その結果、(7) 式、(8) 式を用いて求まるプリチャープ／符号化器、分散補償／復号器の回折格子の配置は図4に示すようになる。

#### 【0058】

以上のように、第1の実施形態によれば、伝送路（光ファイバ）5の波長分散を相殺する構成を設けているので、高精度に光伝送することができる。

#### 【0059】

また、伝送路（光ファイバ）5の波長分散を相殺する構成として、それ専用の構成を設けず、符号化器及び復号器に、波長分散を相殺する機能を設けたので、送信装置及び受信装置の規模を小さくできると共に、安価なものとすることができる。

#### 【0060】

プリチャープ機能を有する符号化器や分散補償機能を有する復号器を、FBGを利用して構成した場合において、波長分散の相殺機能を、符号化器及び復号器に振り分けているので、FBGの長さとして、長い方でもさほど長くならず（後述する第2の実施形態や第3の実施形態との相違点）、FBGの製造を容易にすることができる。

#### 【0061】

##### (B) 第2の実施形態

次に、本発明による光送信装置、光受信装置及び光伝送システムを、OCDM符号化装置、OCDM復号装置及びOCDM伝送システムに適用した第2の実施形態を図面を参照しながら簡単に説明する。

#### 【0062】

図5は、第2の実施形態のOCDM伝送システムの全体構成を示すブロック図

であり、第 1 の実施形態に係る図 1 との同一、対応部分には同一、対応符号を付して示している。

### 【0 0 6 3】

第 2 の実施形態の O C D M 伝送システム 1 A は、各送信装置 2 - 1、2 - 2 において、時間拡散／波長ホッピング処理する符号化器 1 2 - 1 A、1 2 - 2 A がプリチャープ機能を有しない点が第 1 の実施形態と異なっている。言い換えると、各受信装置 3 - 1、3 - 2 における分散補償／復号器 2 0 - 1、2 0 - 2 が、伝送路 5 の波長分散の相殺機能を全て担っている点が第 1 の実施形態と異なっている。

### 【0 0 6 4】

このことは、上述した (4) 式及び (5) 式における  $a$  が 0 である場合に相当する。

### 【0 0 6 5】

符号化器 1 2 - 1 A、1 2 - 2 A を F B G を用いて構成する場合、符号パターンに従った時間遅延だけを実現できるように F B G を構成すれば良く、一方、分散補償／復号器 2 0 - 1、2 0 - 2 を F B G を用いて構成する場合、復号パターンに従った時間遅延と、波長分散を 1 0 0 % 相殺するための時間遅延との双方を実現できるように F B G を構成すれば良い。

### 【0 0 6 6】

図 6 は、システム仕様が上述した表 2 の場合において、符号化器 1 2 - 1 A 又は 1 2 - 2 A、分散補償／復号器 2 0 - 1 又は 2 0 - 2 に適用される F B G 3 2 の回折格子の配置の具体例を、参考のために示している。但し、回折格子のピッチ  $\Lambda_i$  は上述した図 4 の場合と同様であるため省略している。

### 【0 0 6 7】

以上のように、第 2 の実施形態によっても、伝送路（光ファイバ）5 の波長分散を相殺する構成を設けているので、高精度に光伝送することができる。また、伝送路（光ファイバ）5 の波長分散を相殺する構成として、それ専用の構成を設けず、復号器に、波長分散を相殺する機能を設けたので、送信装置及び又は受信装置の規模を小さくできると共に、安価なものとすることができる。特に、送信

装置を小型化でき、装置設置スペースの問題等、受信側より送信側における伝送装置のサイズが制限されているような送受信で非対称な環境、あるいは、既存のシステムに端末を追加するときに追加分の伝送路における波長分散を補償しなければならない状況において、好適なものである。

#### 【0068】

伝送路（光ファイバ）5の波長分散の相殺を、分散補償／復号器だけが担っているため、復号器だけに波長分散を考慮した設計を実行すれば良く、設計が容易になるという効果を奏する。

#### 【0069】

##### （C）第3の実施形態

次に、本発明による光送信装置、光受信装置及び光伝送システムを、OCDM符号化装置、OCDM復号装置及びOCDM伝送システムに適用した第3の実施形態を図面を参照しながら簡単に説明する。

#### 【0070】

図7は、第3の実施形態のOCDM伝送システムの全体構成を示すブロック図であり、第1の実施形態に係る図1との同一、対応部分には同一、対応符号を付して示している。

#### 【0071】

第3の実施形態のOCDM伝送システム1Bは、各受信装置3-1、3-2における復号器20-1B、20-2Bが分散補償機能を有しない点が第1の実施形態と異なっている。言い換えると、各送信装置2-1、2-2におけるプリチャープ／符号化器12-1、12-2が、伝送路5の波長分散の相殺機能を全て担っている点が第1の実施形態と異なっている。

#### 【0072】

このことは、上述した（4）式及び（5）式におけるaが1である場合に相当する。

#### 【0073】

プリチャープ／符号化器12-1、12-2をFBGを用いて構成する場合、符号パターンに従った時間遅延と、波長分散を100%相殺するプリチャープの

ための時間遅延との双方をを実現できるように F B G を構成すれば良く、一方、復号器 20-1 B、20-2 B を F B G を用いて構成する場合、復号パターンに従った時間遅延だけを実現できるように F B G を構成すれば良い。

#### 【0074】

図 8 は、システム仕様が上述した表 2 の場合において、プリチャープ／符号化器 12-1 又は 12-2、復号器 20-1 B 又は 20-2 B に適用される F B G 32 の回折格子の配置の具体例を、参考のために示している。但し、回折格子のピッチ  $\Lambda_i$  は上述した図 4 の場合と同様であるため省略している。

#### 【0075】

以上のように、第 3 の実施形態によっても、伝送路（光ファイバ）5 の波長分散を相殺する構成を設けているので、高精度に光伝送することができる。また、伝送路（光ファイバ）5 の波長分散を相殺する構成として、それ専用の構成を設けず、符号化器に、波長分散を相殺する機能を設けたので、送信装置及び又は受信装置の規模を小さくできると共に、安価なものとすることができる。特に、受信装置を小型化でき、装置設置スペースの問題等、送信側より受信側における伝送装置のサイズが制限されているような送受信で非対称な環境、あるいは、既存のシステムに端末を追加するときに追加分の伝送路における波長分散を補償しなければならない状況において、好適なものである。

#### 【0076】

伝送路（光ファイバ）5 の波長分散の相殺を、プリチャープ／符号化器だけが担っているので、符号化器だけに波長分散を考慮した設計を実行すれば良く、設計が容易になるという効果を奏する。

#### 【0077】

##### (D) 第 4 の実施形態

次に、本発明による光送信装置、光受信装置及び光伝送システムを、OCDM 符号化装置、OCDM 復号装置及び OCDM 伝送システムに適用した第 4 の実施形態を図面を参照しながら説明する。

#### 【0078】

第 4 の実施形態の OCDM 伝送システムも、その全体構成が、第 1 の実施形態

に係る図1で表すことができるが、各送信装置2-1、2-1におけるプリチャープ／符号化器12-1、12-2、及び、分散補償／復号器20-1、20-2の内部構成が、第1の実施形態のもの（図4）と異なっている。

#### 【0079】

図9は、第4の実施形態におけるプリチャープ／符号化器及び分散補償／復号器の詳細構成を示すものである。

#### 【0080】

第4の実施形態におけるプリチャープ／符号化器及び分散補償／復号器は共に、サーキュレータ40、波長合分波器41、及び、波長数（図9では5波長の例を示している）に等しい数の可動式ミラー42-1～42-5を有する。なお、各可動式42-1、…、42-5はそれぞれ、その反射方向に進退動し得るものであり、反射方向の延長線上に波長合分波器41の所定波長の入出力端が位置している。

#### 【0081】

図9は、上述した表2で示されるシステム仕様に従っている場合のプリチャープ／符号化器及び分散補償／復号器を示している。すなわち、空間長及び往復遅延時間をも、参考のために示している。

#### 【0082】

図9（a）又は（b）に示すプリチャープ／符号化器又は分散補償／復号器において、入力光は、サーキュレータ40を介して波長合分波器41に与えられ、波長合分波器41によって各波長成分が分離される。分離された各波長成分は、空間上を伝搬し、それぞれ可動式ミラー42-1、…、42-5で反射された後、波長合分波器41で再び合波される。合波された光は、サーキュレータ40を介して取り出すことにより、出力光となる。

#### 【0083】

ここで、プリチャープ／符号化器の場合には、各波長成分に対し、波長合分波器41で分波されてから、再合波されるまでの伝搬時間の相対的時間差を、上述した（4）式で表される時間にするにより、時間拡散／波長ホッピング方式による符号化とプリチャープを同時に実現することができる。

## 【0084】

また、分散補償／復号器の場合にも、各波長成分に対し、波長合分波器41で分波されてから、再合波されるまでの伝搬時間の相対的時間差を、上述した(5)式で表される時間にするにより、時間拡散／波長ホッピング方式による復号と分散補償が同時に実現することができる。

## 【0085】

一例として、Prime-hop系列POH2の符号化器及び復号器を設計する場合を説明する。

## 【0086】

表2に示すシステム仕様であるので、上述した(1)の $\Delta T_{ci}$ 及び(3)式の $\Delta T_{ti}$ はそれぞれ、 $(\Delta T_{c1}, \Delta T_{c2}, \Delta T_{c3}, \Delta T_{c4}, \Delta T_{c5}) = (0, 240, 80, 320, 160)$  [ps]、 $(\Delta T_{t1}, \Delta T_{t2}, \Delta T_{t3}, \Delta T_{t4}, \Delta T_{t5}) = (0, 1445, 2890, 4336, 5781)$  [ps]である。各波長成分が空間上を伝搬することから、屈折率 $n=1$ とすると、(7)式、(8)式を用いて求まる符号化器及び復号器の可動式ミラー42-1～42-5の配置は、図9に示すようになる。但し、図中の往復遅延時間は、波長 $\lambda_1$ の往復伝搬時間からの差を示している。

## 【0087】

第4の実施形態によっても、第1の実施形態と同様な効果を奏することができる。これに加えて、以下の効果も奏することができる。

## 【0088】

第4の実施形態によれば、第1の実施形態のようなFBG32を適用して時間遅延の差を形成しているのではなく、波長合分波器41と、可動式ミラー42-1、…、42-5との距離によって、時間遅延の差を形成しているので、伝送路5の長さが設計長と異なるような場合には、可動式ミラー42-1、…、42-5の位置調整などにより、適切な時間拡散／波長ホッピングを実現することができる。

## 【0089】

例えば、光ネットワークにおいて、各リンクの伝送路の長さが異なり、各波長



成分の位置ずれがリンク毎に異なるような場合でも、各ノードにおいて、プリチャープ／符号化器及び又は分散補償／復号器の可動式ミラー42-1、…、42-5の位置をずらすことにより、分散補償の対応が可能である。このことはまた、光ネットワークの各ノードに、同じ構成のプリチャープ／符号化器及び又は分散補償／復号器を搭載した送信装置及び又は受信装置を設置できることを表している。

#### 【0090】

##### (E) 第5の実施形態

次に、本発明による光送信装置、光受信装置及び光伝送システムを、OCDM符号化装置、OCDM復号装置及びOCDM伝送システムに適用した第5の実施形態を図面を参照しながら説明する。

#### 【0091】

第5の実施形態のOCDM伝送システムも、その全体構成は、第1の実施形態に係る図1で表すことができるが、各送信装置2-1、2-1におけるプリチャープ／符号化器12-1、12-2、及び、分散補償／復号器20-1、20-2の内部構成が、第1の実施形態のもの（図4）と異なっている。

#### 【0092】

図10は、第5の実施形態におけるプリチャープ／符号化器及び分散補償／復号器に適用し得る波長別遅延光学部材の詳細構成を示すものである。

#### 【0093】

図10(a)において、入力光は波長分波器50によって各波長成分に分波され、分波された各波長成分はそれぞれ対応する可変遅延器51-1～51-5（図10(a)は波長数が5の場合を示している）によって時間遅延が付与されて波長合波器52に到達し、波長合波器52によって各波長成分が合波されて出力光となる。

#### 【0094】

各可変遅延器51-1、…51-5としては、例えば、図10(b)に示すように、波長分波器50の出力ポートからの光信号の進路を反時計回りに90度だけ折曲する固定ミラー60、固定ミラー60からの光信号の進路を時計回りに9

0度だけ折曲する可動式ミラー61、可動式ミラー61からの光信号の進路を時計回りに90度だけ折曲する可動式ミラー62、可動式ミラー62からの光信号の進路を反時計回りに90度だけ折曲して波長合波器52の入力ポートに導く固定ミラー63からなるものを適用し得る。

#### 【0095】

波長分波器50の出力ポートから、4枚のミラー60～63を経て、波長合波器52の入力ポートに至るまでの光路長が遅延時間を規定するものとなっており、波長成分によって、この光路長を適宜選定すれば良い。

#### 【0096】

伝送路5の長さが設計長と異なるような場合など、遅延時間の設計値からの変更が必要な場合には、連動して、進退動する可動式ミラー61及び62の位置を変えさせれば良い。また、各波長成分で、図10(b)に示す同一の可変遅延器を適用した場合には、可動式ミラー61、62の移動量を変えることにより、所望する遅延差を実現することができる。

#### 【0097】

この第5の実施形態によっても、上述した第4の実施形態と同様な効果を奏することができる。

#### 【0098】

この第5の実施形態によれば、第4の実施形態に比べ部品点数が増加しているが、可変遅延器の入力と出力が別の部品であるため、出力光を集光する波長合波器52の開口度を大きくすることにより、第4の実施形態に比べて、各ミラーの反射角や位置に対する条件を緩和することができる。

#### 【0099】

##### (F) 他の実施形態

波長成分毎に異なる時間遅延を付与する、第4の実施形態や第5の実施形態の光学部材を、第2の実施形態の符号化器12-1A、12-2A及び分散補償／復号器20-1、20-2や、第3の実施形態のプリチャープ符号化器12-1、12-2及び復号器20-1B、20-2Bに適用しても良いことは勿論である。

**【0100】**

また、復号、光増幅、符号化の順で処理する光中継装置における復号器や符号化器も、上記各実施形態で説明した分散補償／復号器やプリチャープ／符号化器に置き換えるようにしても良い。光中継器の受信構成は、特許請求の範囲における光受信装置に含まれ、光中継器の送信構成は、特許請求の範囲における光送信装置に含まれる。

**【0101】**

上記各実施形態においては、符号化器と復号器の構成方式が等しいものを示したが、異なっても良い。例えば、符号化器を第1の実施形態のように構成し、復号器を第4や第5の実施形態のように構成しても良い。

**【0102】**

また、上記各実施形態においては、2チャンネルを多重する場合を示したが、3チャンネル以上を多重する場合にも、本発明を適用することができ、また、1対1通信にも本発明を適用することができる。

**【0103】****【発明の効果】**

以上のように、本発明の光送信装置、光受信装置及び光伝送システムによれば、伝送路の波長分散を相殺する専用の部材を用いることなく、波長分散を相殺するようにしたので、伝送路の波長分散の相殺構成を有しても、システム要素を小規模かつ安価にできるようになる。

**【図面の簡単な説明】****【図1】**

第1の実施形態のOCDM伝送システムの全体構成を示すブロック図である。

**【図2】**

時間拡散／波長ホッピング方式の原理説明図である。

**【図3】**

図1のプリチャープ／符号化器や分散補償／復号器に適用する光学部材の説明図である。

**【図4】**

図 3 の光学部材の F B G の設計例を示す説明図である。

【図 5】

第 2 の実施形態の O C D M 多重伝送システムの全体構成を示すブロック図である。

【図 6】

第 2 の実施形態に適用される F B G の設計例を示す説明図である。

【図 7】

第 3 の実施形態の O C D M 多重伝送システムの全体構成を示すブロック図である。

【図 8】

第 3 の実施形態に適用される F B G の設計例を示す説明図である。

【図 9】

第 4 の実施形態のプリチャープ／符号化器、分散補償／復号器の詳細構成例を示すブロック図である。

【図 1 0】

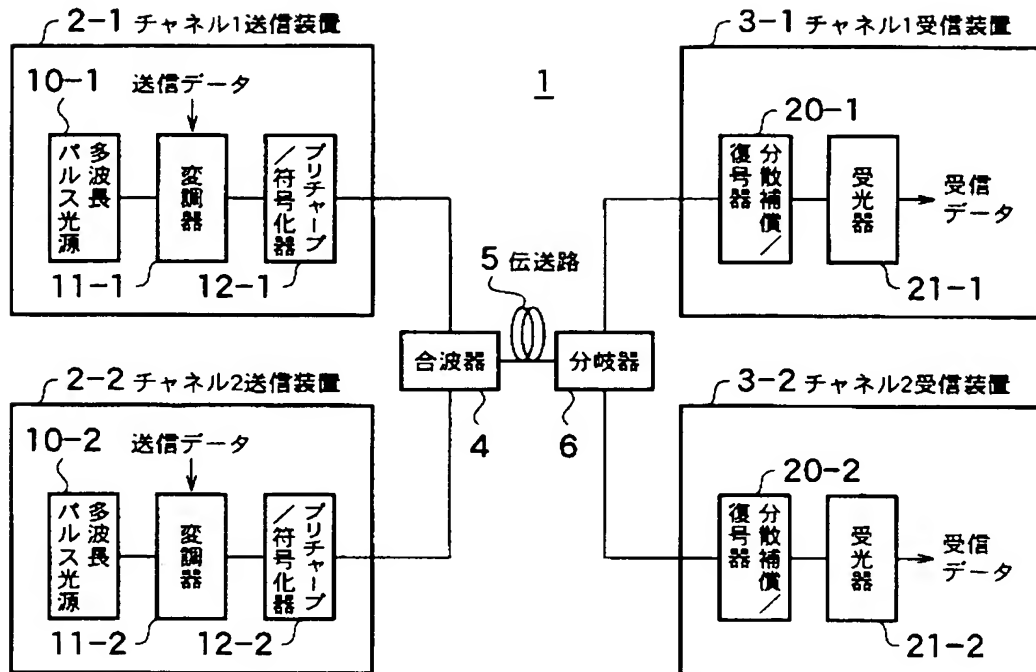
第 5 の実施形態のプリチャープ／符号化器、分散補償／復号器の詳細構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

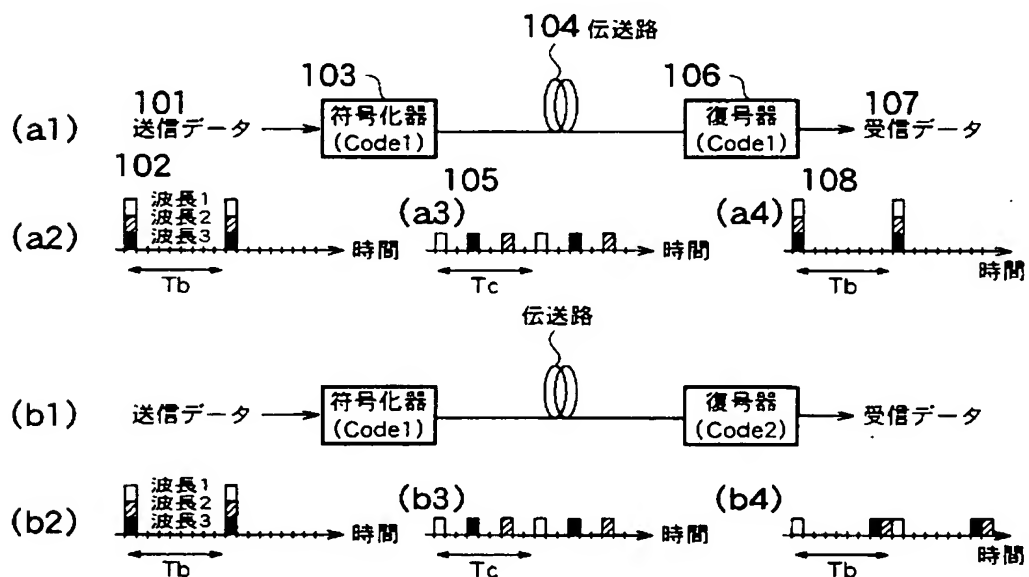
1…O C D M 伝送システム、2-1、2-2…チャンネル送信装置（O C D M 符号化装置）、3-1、3-2…チャンネル受信装置（O C D M 復号装置）、4…合波器、5…伝送路、6…分岐器、10-1、10-2…多波長パルス光源、11-1、11-2…変調器、12-1、12-2…プリチャープ／符号化器、20-1、20-2…分散補償／復号器、21-1、21-2…受光器、31、40…サーキュレータ、32…F B G、41…波長合分波器、42-1～42-5、61、62…可動式ミラー、50…波長分波器、51-1～51-5…可変遅延器、52…波長合波器、60、63…固定ミラー。

【書類名】 図面

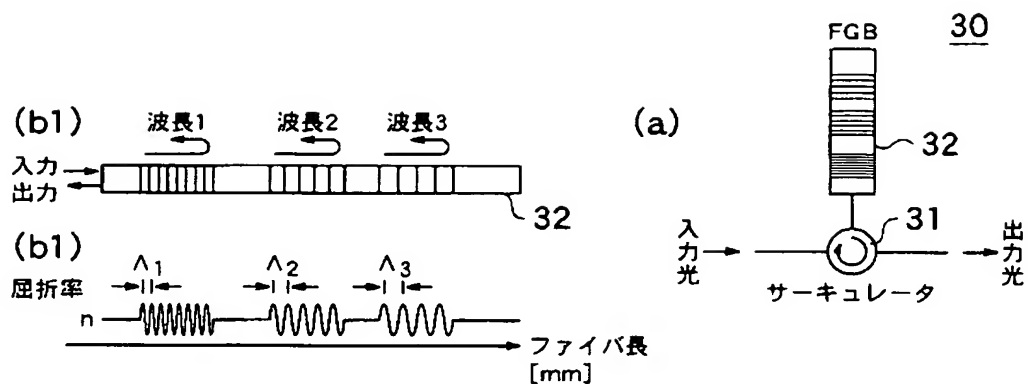
【図 1】



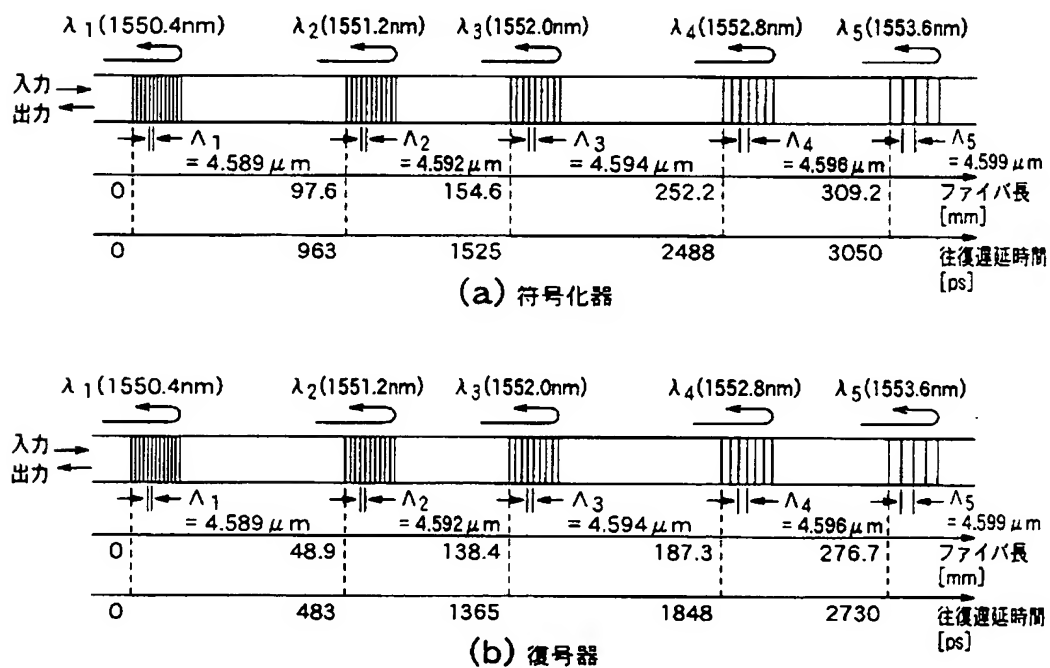
【図 2】



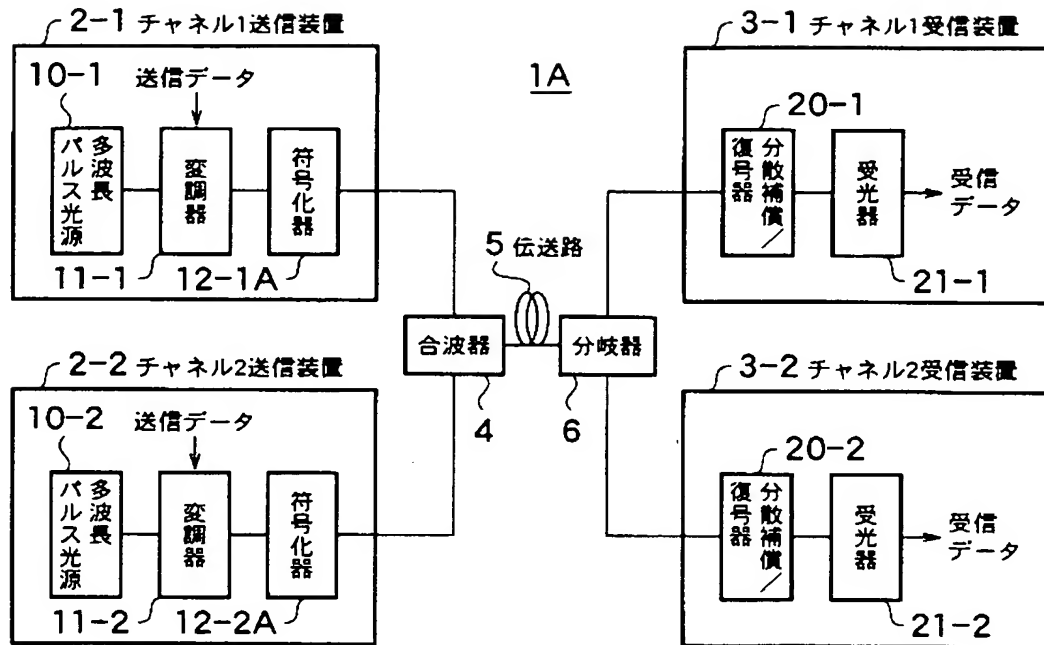
【図 3】



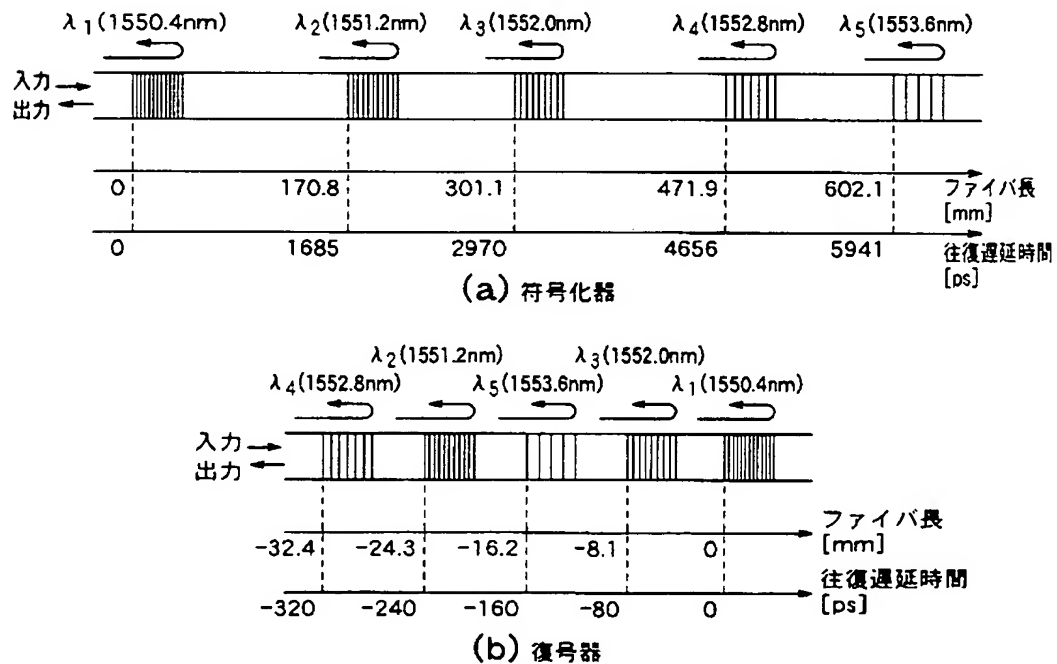
【図 4】



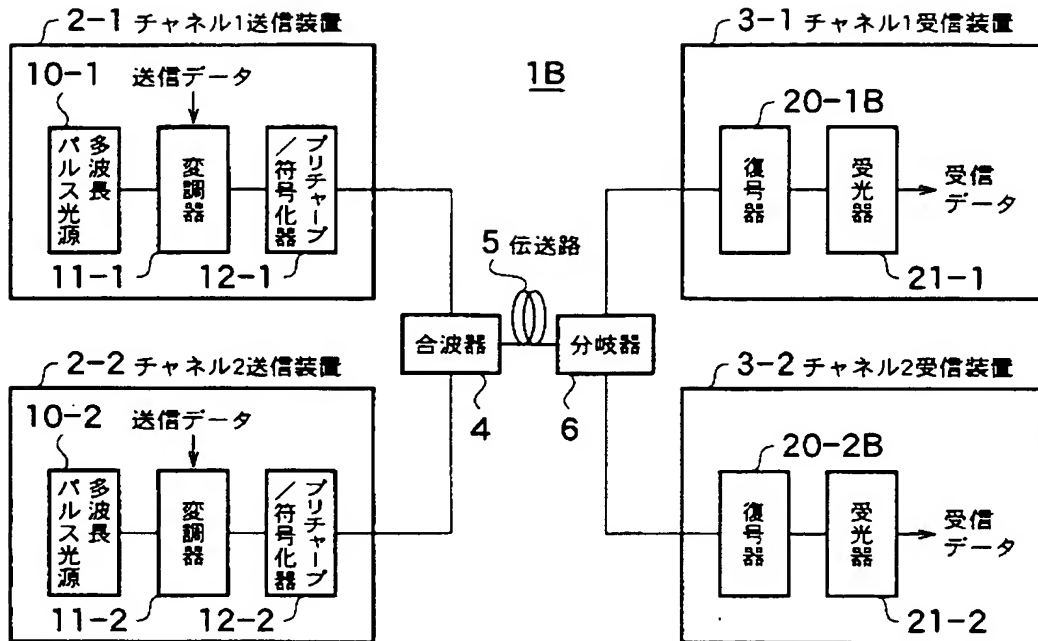
【図 5】



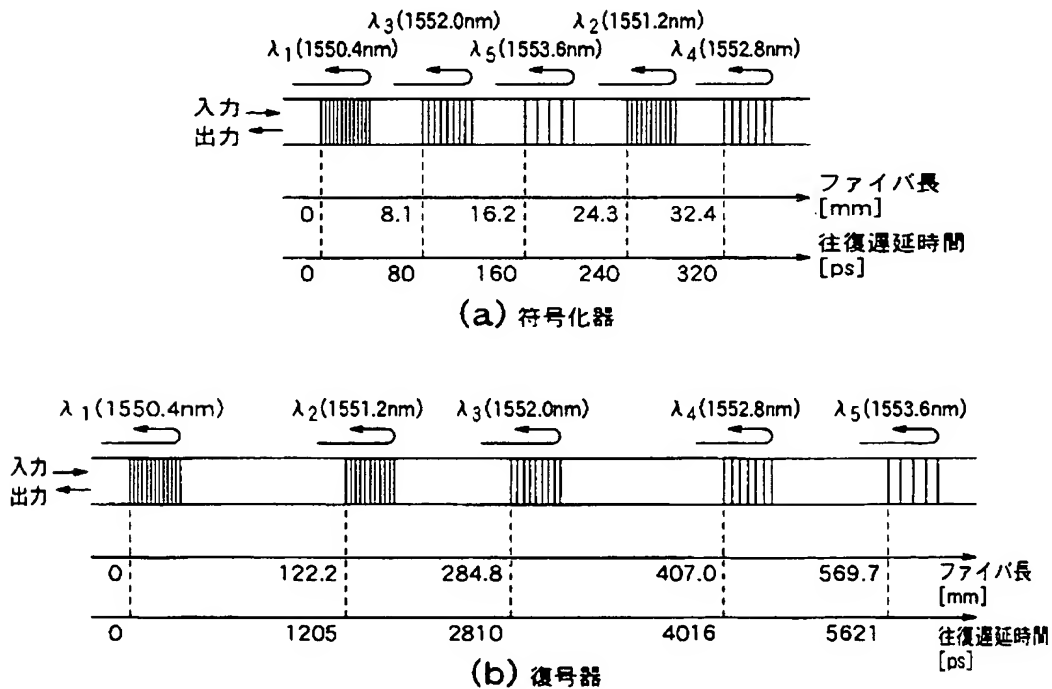
【図 6】



【図 7】

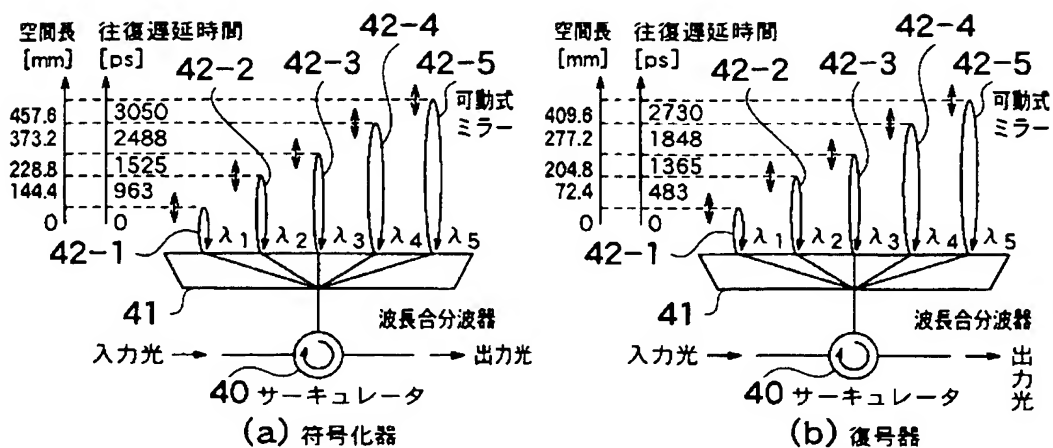


【図 8】

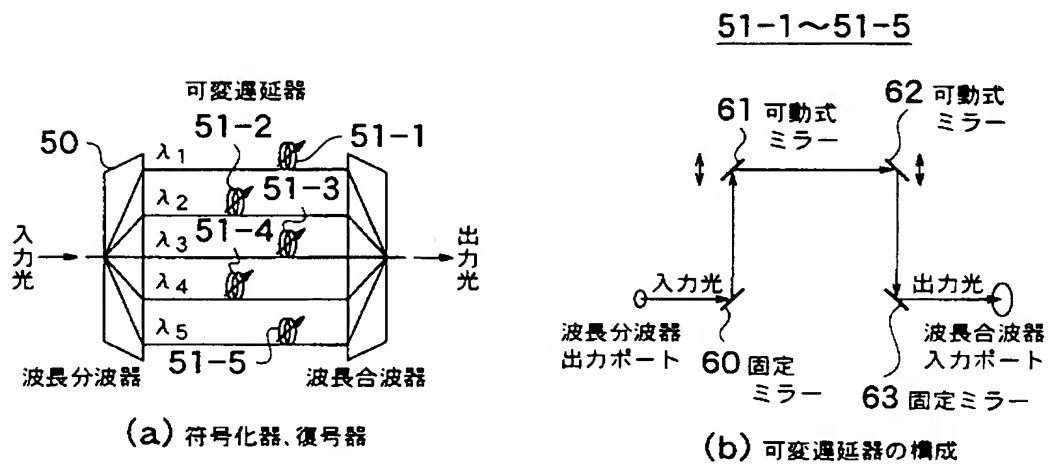




【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 伝送路の波長分散の相殺構成を有しても、システム要素を小規模かつ安価にできるようにする。

【解決手段】 光送信装置は、送信データに応じた多波長パルスを、自己の符号パターンに従って、時間拡散／波長ホッピング方式による符号化を行う符号化部を有し、この符号化部が、符号化での各波長成分毎の時間遅延と、伝送路の波長分散性によって生じる各波長成分毎の伝搬遅延の差を予め  $\alpha$  % だけ補償するプリチャープ処理の時間遅延とを同時に行うことを特徴とする。光受信装置は、光送信装置が送信した光信号を、自己の復号パターンに従って復号する復号部を有し、この復号部が、復号での各波長成分毎の時間遅延と、伝送路の波長分散性によって生じる各波長成分毎の伝搬遅延の差を  $\beta$  % だけ補償する分散補償処理の時間遅延とを同時に行うことを特徴とする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 8 5 3 5 1

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 0 2 9 5 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区虎ノ門 1 丁目 7 番 1 2 号

氏 名

沖電気工業株式会社